

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-186598

(43)Date of publication of application : 09.07.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01L 23/00

(21)Application number : 09-345584

(71)Applicant : HEWLETT PACKARD CO <HP>

(22)Date of filing : 15.12.1997

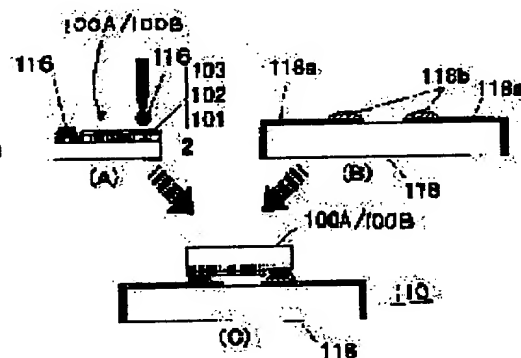
(72)Inventor : KONDO TAKESHI
WATANABE SATOSHI
KANEKO KAZU

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE HAVING REFLECTING P-ELECTRODE, ITS MANUFACTURE AND SEMICONDUCTOR OPTICAL ELECTRONIC DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the characteristics of a reflecting electrode of a P-type nitride semiconductor.

SOLUTION: A silver layer 101 is arranged on a P-type nitride semiconductor layer. The silver layer is set thicker than 20 nm, so as to act as both a reflecting P-electrode and a reflecting layer of a short wavelength light. It is preferable that the silver layer be covered with a stabilizing layer of metal or dielectric, in order to improve mechanical and electrical characteristics of silver. It is possible that the stabilizing layer is provided with a metal layer 103 for circuit connection, and a diffusion preventing layer 102 which is interposed and inserted between the metal layer and the silver layer, the diffusion to silver of which is small and which prevents the diffusion of the metal layer to silver, in order to improve reflectivity. An LED(light-emitting diode) having the P-electrode can obtain more benefit of high reflectivity of the P-electrode, when mounting is performed on a package 110 by using a flip-chip method, so as to generate light from a substrate side.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-186598

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

C

E

23/00

23/00

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願平9-345584

(22) 出願日

平成9年(1997)12月15日

(71) 出願人 398038580

ヒューレット・パッカード・カンパニー

HEWLETT-PACKARD COM
PANYアメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 近藤 雄

神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番2号

ヒューレット・パッカードラボラトリー
ズジャパンインク内

(74) 代理人 弁理士 上野 英夫

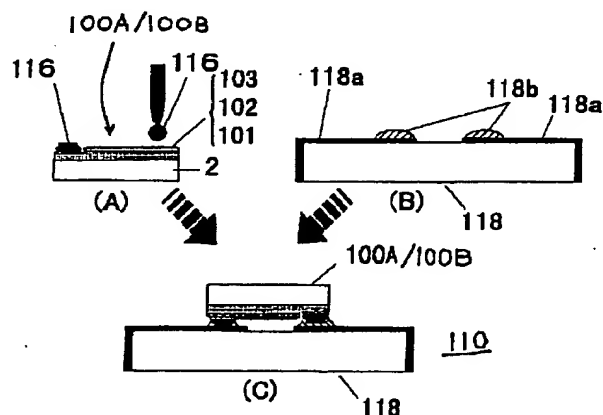
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射p電極を有する窒化物半導体発光装置およびその製造方法ならびに半導体光電子装置

(57) 【要約】

【課題】 p型窒化物半導体の反射電極の特性向上とその発光装置への応用。

【解決手段】 p型窒化物半導体層に銀層を備え、該銀層が反射p電極として機能するとともに短波長光の反射層として機能するようにその厚さ20nmより厚くしている。上記銀の機械的、電気的特性とを向上するため金属や誘電体の安定化層で銀層を覆うのが好ましい。また反射率を高くするため安定化層を回路接続用金属層と、該金属層と銀層間に介入挿入された銀への拡散が少なく金属層の銀への拡散を阻止する拡散阻止層とを備えるようにすることができる。本発明のp電極を備えたLEDは基板側から発光するようにフリップチップ方式でパッケージに実装されるとp電極の高い反射率の恩恵をより多く得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板と該基板上のn型窒化物半導体層と、n型窒化物半導体層上の窒化物半導体からなる活性層と、

活性層上のp型窒化物半導体層と、

p型窒化物半導体層上の前記活性層が発生する光を反射させるための厚さ20nm超過の銀層と、

を備えたLED部材。

【請求項2】前記銀層の表面に該銀層の表面の一部分に安定化のため誘電体を設けて成る請求項1に記載のLED部材。

【請求項3】前記銀層上に銀に容易には拡散せず少なくとも一つの他の金属の銀への拡散を阻止できる金属層を設けて成る請求項1あるいは請求項2に記載のLED部材。

【請求項4】前記金属層は前記銀層に接触する部分がニッケル、パラジウム、プラチナのいずれかであることを特徴とする請求項3に記載のLED部材。

【請求項5】前記n型窒化物半導体層上と前記金属層あるいは前記銀層上に回路接続用金属手段を設けて成る請求項2～請求項4のいずれかに記載のLED部材。

【請求項6】前記回路接続用金属手段の前記金属層から遠位の表面が金あるいはアルミニウムの部分を有することを特徴とする請求項5に記載のLED部材。

【請求項7】前記金あるいはアルミニウムの部分が前記金属層より薄い薄膜層であることを特徴とする請求項6に記載のLED部材。

【請求項8】前記回路接続用金属手段上にボンディング電極を設けたことを特徴とする請求項6あるいは請求項7のいずれかに記載のLED部材。

【請求項9】前記ボンディング電極が金バンプであることを特徴とする請求項8に記載のLED部材。

【請求項10】前記銀層請求項3～請求項9のいずれかに記載のLED部材を複数個集積したウェーハ。

【請求項11】請求項8あるいは請求項9に記載のLED部材をパッケージにフリップチップ・ボンディングして形成したLED製品。

【請求項12】前記ボンディング電極が金バンプで前記パッケージのリード線上のインジウム系低融点金属から成るバンプバンプと接続していることを特徴とする請求項11に記載のLED製品。

【請求項13】LED部材を形成するための方法であって、

基板を用意する工程と、

基板上にn型窒化物半導体層を成長させる工程と、

n型窒化物半導体層上に窒化物半導体からなる活性層を成長させる工程と、

活性層上にp型窒化物半導体層を成長させる工程と、

前記基板を加熱して前記p型窒化物半導体層の活性化をおこなう工程と、

該p型窒化物半導体層上に20nm以上の所定の厚さの銀層を設ける工程と、

前記銀層に安定化層を蒸着する工程と、を含むLED部材の製造方法。

【請求項14】前記安定化層が誘電体であることを特徴とする成る請求項13に記載のLED部材の製造方法。

【請求項15】前記安定化層が銀に容易には拡散せず少なくとも一つの他の金属の銀への拡散を阻止できる金属層である請求項13に記載のLED部材の製造方法。

【請求項16】前記金属層は前記銀層に接触する部分がニッケル、パラジウム、プラチナのいずれかであることを特徴とする請求項15に記載のLED部材の製造方法。

【請求項17】前記n型窒化物半導体層上と前記金属層あるいは前記銀層上に回路接続用金属手段を設ける工程を追加して成る請求項15あるいは請求項16のいずれかに記載のLED部材の製造方法。

【請求項18】前記回路接続用金属手段の前記金属層から遠位の表面が金あるいはアルミニウムの部分を有することを特徴とする請求項17に記載のLED部材の製造方法。

【請求項19】前記回路接続用金属手段が前記金属層のより薄い金あるいはアルミニウムの薄膜層であることを特徴とする請求項18に記載のLED部材の製造方法。

【請求項20】前記回路接続用金属手段にボンディング電極を設ける工程を追加したことを特徴とする請求項17～請求項19に記載のLED部材の製造方法。

【請求項21】前記銀層請求項3～請求項9のいずれかに記載のLED部材をウェーハに複数個集積し該ウェーハをラッピングしてからダイシングしてLEDチップを分離する工程を含むLED製品の製造方法。

【請求項22】前記分離されたLEDチップをフリップチップ・ボンディングする工程を追加して成る請求項21に記載のLED製品の製造方法。

【請求項23】前記n型窒化物半導体層上に第1の回路接続用金属手段を設けて第1のLED部材を形成する工程と窒素雰囲気中で該第1のLED部材を200℃以上でアニールする工程とを追加して成る請求項15～請求項16のいずれかに記載のLED部材の製造方法。

【請求項24】前記金属層に第2の回路接続用金属手段を設ける工程と前記第1、第2の回路接続用金属手段にボンディング電極を設ける工程を追加したことを特徴とする請求項23に記載のLED部材の製造方法。

【請求項25】前記金属層に第3の回路接続用金属手段を設けかつ前記n型窒化物半導体層上に第1の回路接続用金属手段を設けて第2のLED部材を形成する工程と窒素雰囲気中で該第2のLED部材を200℃以上でアニールする工程とを追加して成る請求項15～請求項16のいずれかに記載のLED部材の製造方法。

【請求項26】前記第3の回路接続用金属手段上にボン

ディング電極を設ける工程を追加して成る請求項24に記載のLED部材の製造方法。

【請求項27】p型窒化物半導体層を備える電子装置であって該p型窒化物半導体層に蒸着した厚さ20nm超過の銀層を備え、該銀層が電極として機能するとともに短波長光の反射層として機能することを特徴とする半導体光電子装置。

【請求項28】前記銀層が安定化層を有することを特徴とする請求項27に記載の半導体光電子装置。

【請求項29】前記安定化層が前記銀層に接し銀に容易には拡散しない金属層と該金属層に接するボンディング性のすぐれた金属層とを順次前記銀層に蒸着して蒸着光学整合層として機能することを特徴とする請求項28に記載の半導体光電子装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、窒化物半導体を備えた電子装置に関し、特にp型窒化物半導体に銀を含む反射電極をそなえて光学特性と光電気特性を改善した光電子装置とその製造方法とに関する。

【0002】本明細書において「窒化物半導体」とは「III族窒化物半導体」であり、「発光ダイオード」すなわち「LED」とはp-n接合部あるいは活性層を介したp-n接合部（以下「広義のp-n接合部」と称す）を有するものを含み、インコヒーレント光を出力する電子装置であり、「LED部材」とはこれをさらに加工してLEDとするため必ずしも半導体ではない単結晶基板上にひとつあるいは複数の半導体薄膜層を成長して形成したもので広義のp-n接合部を有する半導体多層膜構造体であり、「LEDチップ」とはLED部材であってp型領域とn型領域とがそれぞれの電極であるp電極とn電極とを有しこれら電極から電氣的に駆動されるLED部材であり、LEDチップは単独であるいはウェーハに多数が集積されて存在し電極からボンディングワイヤをひきだしてもよいLED部材であり、「LED製品」とはLEDチップを有し、該LEDチップは広義のp-n接合部を駆動するための電気配線を有しリード・フレームや印刷基板、セラミック基板等（以下パッケージと総称する）の表面（ダイ・パッドと総称する）にダイ・ボンディングされている光電子装置であり、例えばLEDランプ、7素子表示装置等である。

【0003】

【従来の技術】短波長発光装置の開発が活発におこなわ

れている。一般に波長が550nm以下である短波長光が効率的に発生できれば、長波長発光装置とともに用いてフルカラーディスプレイや白色光源が実現でき、本装置の応用機器の機能の拡充や消費エネルギーの低減などが期待されている。これら短波長発光装置の多くはIII族窒化物半導体に基づいて組立られており、「III族窒化物半導体」にはGaN、AlN、InN、BN、AlInN、GaInN、AlGaInN、BaN、BiN、BGaN、BAIGaN等が含まれる。特にGaNを筆頭に、GaInN、AlGaInN、BGaN、BAIGaN等のGaNを主成分とするIII族窒化物半導体を「GaN系半導体」と称する。

【0004】短波長発光装置の一つであるLEDの例としてGaN系半導体に基づいて構成したLED（以下「GaN系LED」と称す）を図1を参照して説明する。以下において混同しないときは「薄膜層」を単に「層」とも称する。また各層は例えば特願平9-30204号において山田等が開示する図1の（A）のように複数の異なる組成の亜層からなるが本発明の理解に必要な範囲で図1の（B）の簡明な記載を選んで今後の説明をおこなう。

【0005】図1の（A）においてGaN系LED21'はサファイア基板22'、AlNバッファ層23'、n型GaNコンタクト層24'、n型AlGaInクラッド層26'、ドープInGaIn層28'、p型AlGaInクラッド層30'、p型GaNコンタクト層31'、蒸着金属33'、p電極32'、n電極25'からなっている。図1の（A）においてGaN系LED21'は次の図1の（B）のひとつの実現形である。

【0006】一方、図1の（B）においてGaN系LED1はサファイア基板2、n層3、一般には窒化物半導体の多重量子井戸層である活性層4、p層5、透明p電極6、ボンディング用p電極6a、n電極7からなるGaN系LEDチップ10を、パッケージ8のダイ・パッド8aにダイ・ボンディングして組立てられる。ボンディング用p電極6a、n電極7は一般にパッケージ8に備え付けられたリード線（図示せず）にボンディングワイヤ6b、7aで接続されている。ボンディングワイヤ6b、7a間に駆動電圧を印加してGaN系LED1に入力電流を流し、該入力電流により活性層4から出力光を発生させる。少なくともボンディング用p電極6aの表面部分とn電極7の表面部分とは回路接続用金属手段である。

【0007】図1の（A）の発光ダイオード21'と図1の（B）のGaN系LED1間には下記の対応が成り立っている。

サファイア基板2：はサファイア基板22'、
n層3：AlNバッファ層23'；
n型GaNコンタクト層24'；
n型AlGaInクラッド層26'、
活性層4：ドープInGaIn層28'、
p層5：p型AlGaInクラッド層30'；
p型GaNコンタクト層31'、

p電極6；p電極6a：蒸着金属33'；p電極32'、
n電極7：蒸着金属33'；n電極25'。

AINバッファ層23'は本願発明の説明においてサファイア基板2に対応する1要素と解しても当業者が本願発明を実施するに特に支障はないが、本願発明の理解を容易にするため上記の対応を基礎に以下の明細書は記載されている。

【0008】上記の構造を有するGaN系LED1では、したがって、(イ)できるだけ小さな駆動電力(=入力電流×駆動電圧)で、できるだけ多くの光を活性層4から発生させ、(ロ)活性層4で発生した光をなるべく多く出力光として外に取り出す、ことが重要である。

【0009】できるだけ小さな駆動電力で、できるだけ多くの光を活性層4から発生させるため、多くの努力がはらわれた。p型窒化物半導体層の抵抗率はn型窒化物半導体層の抵抗率に比べかなり大きく、p型窒化物半導体層にp電極を形成するとn型窒化物半導体層にn電極を形成した場合に比べ金属-半導体接合により大きな接触電圧を生じ窒化物半導体素子の消費電力を増加させる主因となっていた。そのため、p電極は接触電圧を低下させるためn電極よりかなり広くなっている。

【0010】上記接触電圧の低減のため、p電極としてp型窒化物半導体層上にパラジウムを蒸着する技術(特願平9-30204号)やp電極を形成する前のp型窒化物半導体層の清浄化技術(特願平9-48402号)やp型窒化物半導体層とp電極金属の間にV族置換型窒化物半導体層を挿入する技術(特願平9-5339号)などが開発された。一方LEDではこの広い面積を有するp電極が活性層で発生した光の多くに遭遇するため、活性層で発生した光をなるべく多く出力光として外に取り出すのに好ましい光学的特性、すなわち透過率や反射率、を合わせ持つことが望まれる。

【0011】図1の(B)において活性層4で発生した光は全方向に進行するが、そのうち、GaN系LED1の出力光として有効な光は透明p電極6から外部に放出される光である。したがって、透明p電極6は透過率が大きくなければならない。活性層4からパッケージ8側では光を反射して透明p電極6の方向にむける工夫がなされる。

【0012】透明電極6としては厚さ数nmのニッケルと金の多層膜(例えばニッケル1nmに8nmの2層膜)が用いられ、その透過率は40~50%程度である。また、この透明電極6は、薄すぎてボンディングには適さず、ボンディング部分にはさらに厚いボンディング用の電極6aが必要となる。ボンディング用の電極6aとしては、数100nmの厚みをもったニッケルと金の多層膜などがよく用いられ、その面積はボンディング作業の簡便性を確保するため最小でも一辺が80~100μmの矩形程度の面積を必要とする。

【0013】一方、n電極側にはその直下に活性層4が

ないため、光出力を透過させる工夫はされないのが一般的で、n電極7としてはチタンやアルミなどの多層膜がボンディング用電極として形成されている。これらのボンディング用電極はその厚みのために光を透過することができないので、ボンディング作業の簡便性を損なわない限りなるべく小さな面積になるように設計される。

【0014】また、パッケージ8側に向った光は、パッケージ表面すなわちダイ・パッド8aに形成された反射手段によって反射される。例えば、良く用いられる反射手段としては、反射率が高い白色ダイ・パッド自体や、ダイ・パッドに設けた反射率の高いテープなどである。パッケージ自体を金属とし、その表面にアルミニウムなどをめっきして反射手段とすることもある。いずれの場合にも実装時の表面状態、実装までの保存状態などの影響を受けるが、その反射率は50~80%である。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】したがって、従来のLEDでは、活性層から発生した光が透明p電極側から出力されて外に取り出される場合、透明p電極側へ向った光はボンディング用電極やボンディングワイヤなどで反射、吸収されるだけでなく、透明p電極でもその50~60%が反射、吸収される。一方、パッケージ側に出力された光は、ダイ・パッドに設置された反射手段によって、その50~80%が反射されるが、この反射光と直進光を合計しても活性層で発生した光の総量の半分程度しか出力光として取り出すことができない。

【0016】外に取り出す出力光の強度すなわちLEDの発光強度を増加させるために、p電極の透過率をさらに高くしようとして薄くすると、透明p電極の面積抵抗が大きくなり、入力電流の広がり制限される。そのためLEDの端子間電圧を上昇させざるをえず、結果的にLEDの発光効率を低下させてしまう。また、p電極は光の透過とボンディングという2つの機能を持たせるために、複雑な膜構造をとらざるをえない。さらに、パッケージ側へ出力した光を反射させるための手段が必要となるため、部品点数の増加、製造プロセスの複雑化につながり、ひいてはLEDのコストの上昇を招いている。また、ボンディング用電極やボンディングワイヤなどで反射、吸収される光を有効に出力光とすることができることが望ましい。さらに、p電極として他の光電子装置に広く応用できるすぐれた機械的、電気的、光学的特性、光電気特性あるいはそれらの協同的特性の改善されたp電極や装置構成が得られることが望ましい。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、抵抗率の低い銀すなわちAgをp電極の少なくとも一部分の第1層金属として用い電気的にすぐれた特性と光学的にすぐれた特性を有するp電極を安定に実現できる新規な技術に基づ

いている。本発明の半導体光電子装置はp型窒化物半導体層を備える電子装置であって該p型窒化物半導体層に蒸着した銀層を備え、該銀層が電極として機能するとともに光の、限定的ではないが短波長光の、反射層として機能するようにしている。その厚さを調整して銀層やその一部分を反射率の高い反射p電極としている。

【0018】上記銀の機械的、電気的特性とを向上するため金属や誘電体の安定化層で銀層を覆うのが好ましい。また反射率を高くするため拡散防止層で反射p電極の銀を覆ってから拡散防止層の上に回路接続用金属を設けるようにしてもよい。また、透明基板を備えるLEDチップでは透明基板側から出力光を外に取り出すように、p電極を反射p電極としパッケージにLEDチップをフリップチップ・ボンディングするようにしてもよい。

【0019】

【実施例】以下に窒化物半導体LEDの製造に関する本発明を理解するためGa系LEDの製造に関する本発明の実施例を説明する。当業者は以下の実施例から他の窒化物半導体LEDを組立てる場合の知識をも得ることができる。また、透明p電極や反射p電極のLED以外の電子装置への応用の可能性についても見通しが立つ。

【0020】図2は、p電極を構成する第1層金属として銀(Ag)層21を蒸着した本発明の第1の実施例のGa系LED20の断面図である。図1のLED1における同様の機能、性能を発揮する部分には図1における同じ参照番号が付されている。銀層21には図1における同様にボンディング用の電極金属層21aがニッケル・金等で構成される。ボンディング用の電極金属層21aの少なくとも表面部分は金等の回路接続に適した回路接続用金属とする。図2のLEDは、基板2と該基板上のn型窒化物半導体層3と、n型窒化物半導体層上の窒化物半導体からなる活性層4と、活性層上のp型窒化物半導体層5と、p型窒化物半導体層上の銀層21と、を備えたLED部材をパッケージ8にボンディングしたLEDの一実施形態として窒化物半導体としてGa系半導体を選択したものである。また、各窒化物半導体層の主要部は周知のように必要な組成の層を必要な数だけ含む多層膜として形成されている。

【0021】以下に図3の工程図を参照してLED20の組立プロセスを説明する。まずCVD法などの従来の素子形成プロセス(例えば前記特願平9-30204号参照)を用いて、不透明基板を含む他の基板であってもよいサファイア基板2上に、n層3、活性層4とp層5を順次形成しLED部材を組立てた(工程31)。次いで該LED部材を他の金属であってもよいニッケルをマスクとしフォトリソグラフィ法でパターンニングし、反応性イオンエッチングによって、該LED部材をn電極7を形成するn層3の一部分(図1の(A)ではn型Ga層24'の蒸着金属33'取り付け部分)まで掘り下げた(工程32)。その後、室温でマスクとして使用したニ

ッケルをLED部材から王水で除去した(工程33)。

【0022】ニッケルの除去に硝酸を用いたり、王水を室温より昇温して用いることも可能であるが王水を用いてニッケルを除去する方法は窒化物半導体表面の洗浄も兼ねておこなえるので好ましい。ニッケルの除去は数分で終了するがLED部材を王水に浸漬する時間は通常このような処理で採用される5分(特願平9-30204参照)よりかなり長い30分から1時間程度とした。30分より短くしてゆくとp層表面の清浄化効果が次第に失われ、後工程で該表面に蒸着された銀の安定性が失われることが判明したのでこの浸漬時間を30分からあまり短くすることは避けなければならない。

【0023】その後サファイア基板2を900℃とし窒素雰囲気中で5分間LED部材の活性化を行った(工程34)。該活性化後LED部材を室温でふっ酸により10分間洗浄し(工程35)、p電極の第1層21を形成するためp層5の表面(図1の(A)のp型Ga層31'の表面に相当)の大部分に、Agを100nm蒸着した(工程36)。ふっ酸による表面清浄化は前記特願平9-48402号の開示が参考になる。

【0024】次にp電極のボンディング用の電極金属層21aを形成するためニッケル300nmと金50nm程度を順次蒸着してパターンニングし、第1回目のアニール(アニール1)をおこなった(工程37)。その後n電極7を形成するためのn型Ga系部分に、Tiを10nm、Alを200nm順次蒸着してパターンニングしLED部材をLEDチップとして形成し、第2回目のアニール(アニール2)をおこなった(工程38)アニールについては後述する。形成したLEDチップをパッケージ8のダイ・パッド8aに取り付け、ボンディングワイヤを配線して樹脂封じなどの処理をおこなってLED製品を完成させた(工程39)。n電極7は別の材料構成でもよいが、少なくとも表面部分は金等の回路接続のための回路接続用金属とする。なお、アニール1を省略しアニール2だけとしてもよい。アニール1を200℃以下でおこないアニール2を200℃以上で好ましくは400℃以上でおこなうのがよい。

【0025】Agを蒸着するときの蒸着速度、および蒸着中のサファイア基板2の温度を変えることにより形成されたLEDチップの特性が変化する。この特性変化を調べるためまずこれら蒸着速度と温度とを変えてLED部材を多数形成した。これらLED部材は、図3の工程36を終了した時点のLED部材でアニール1をおこなう前に得られる。各LEDチップを入力電流20mAで室温連続動作させその発光強度の時間変化を測定した。銀の蒸着時にサファイア基板2の温度を室温とし、蒸着速度を0.1nm/秒として形成したLEDチップの発光強度は連続動作開始後30分までに、連続動作開始時の発光強度の5%以下に減少した。

【0026】これに対して、サファイア基板2の温度を200℃にし、蒸着速度を0.03nm/秒として形成したLEDチ

チップでは30分以上連続動作させても発光強度はまったく減少せず、長時間連続動作でも発光強度が減少しないことが確かめられた。サファイア基板2の温度を室温とし、蒸着速度を0.03nm/秒として形成したLEDチップでは30分以上連続動作させると発光強度が動作開始時の60~80%になる。サファイア基板2の温度を200℃とし、蒸着速度を0.1nm/秒として形成したLEDチップでは30分以上連続動作させると発光強度が動作開始時の約90%になる。

【0027】極端な高温では蒸着された銀が島状になってしまうので電極として使用することはできない。サファイア基板2の温度を更に高くすると蒸着速度が0.03nm/秒でも400℃近くから銀の被着が不均一になりだし、蒸着速度が高いと更に低い温度でも銀の被着が不均一が生じる。この不均一が生じると銀層の抵抗値が上昇し、その光散乱が増加するとともにLEDの上記発光強度の経時減衰が速くなりLEDは実用に供し得ない。以下に詳細に述べるが実施例のLEDチップはアニール1、2の前後いずれにおいてもこのような測定結果となった。

【0028】このような実験の結果、銀層の蒸着は蒸着速度を約0.05nm/秒以下とし、サファイア基板2の温度を200℃以下とするのが好ましいと判明した。LED製造の効率を考えれば、蒸着速度は高い方がよいが、高速過ぎれば銀の層の品質がさがらる。また、製造の容易さからサファイア基板2の温度を室温等のより低温とすれば、良好な銀層の品質を得るため蒸着速度をより低くする必要があり、0.03nm/秒以下にするのがよい。上記のようにサファイア基板2の温度を200℃近傍にし、蒸着速度を0.03nm/秒近傍に選ぶのが得策である。

【0029】また、銀層の蒸着速度とLED部材の基板温度とを可変して、発光強度を測定し製造プロセスに対するより適切な銀層の蒸着速度と基板温度とを決定するのがさらに好ましい。この場合、Ag層における出力光の輝度分布の均一性も良好であることが好ましい。

【0030】従来のLED製造プロセスでは、LEDの動作電圧を下げるために、電極を蒸着した後にLEDチップを400~500℃でアニールする方法がよく用いられてきた。本発明の第1の実施例のLEDチップを形成する際は、Agを蒸着した直後は、LEDチップを窒素雰囲気中で通常知られている温度(400~500℃)よりも低い200℃でアニール1を行い、ボンディング用の金属電極やn電極をつけたあとは500℃でアニール2をおこなった。前述のようにアニール1を省略してもよい。

【0031】図4は、アニールの時間効果を確認するための実験結果を示すグラフである。図4は、p層5と同じ特性を有するp型GaN基板上に蒸着された2つのAg電極間の電圧降下を該電極の間に500uAの電流を流して測定した結果を示している。p型GaN基板はAg蒸着後に窒素雰囲気中、200℃でアニールされたもので、Ag電極間電圧降下は該アニール時間を変えてプロットしてある。

図4はAg蒸着中のp型GaN基板の温度Tsが室温でのカーブ41と200℃でのカーブ42とを示しているが、温度Tsがその他の値の場合でも、20分以上アニールすることで、2つのAg電極間の電圧降下はアニール前よりも低下した。温度Tsによらずアニールの効果を見積もれる点には有利である。

【0032】なお、上記電圧降下の値はp型GaN基板によるアニール非依存抵抗の寄与が大きい。実際に形成されたLEDチップ間の端子間電圧が3~4ボルトになることを考慮すると、最終製品としてのLEDに対するAg電極の接触電圧のアニールによる変化は50%を越えるといえる。したがって、アニールによるLEDの効率(出力電力/入力電力)の改善がおこなえる。ここでのアニールは前述のアニール1に相当しアニール温度は200℃以上とするのが効果的である。特にn電極7を形成してからアニールする場合(アニール2)は400~500℃でアニールするのがよい。上記したように本発明の第1の実施例のGaN系LEDおよびGaN系LEDチップは第1層が銀層であるp電極を有するLEDの製造プロセスの確立に役立つ。

【0033】図5は本発明の第2の実施例のLED50の部分断面図である。なお、TiO₂層52はボンディング用の電極金属層21aよりかなり薄くなっており図5では寸法を信用すべきでない。図2のLED20におけると同様の機能、性能を発揮する部分には図2におけると同じ参照番号が付されている。本発明の第2の実施例と第1の実施例との違いは、p電極として蒸着される銀層51厚さを10nmと薄くし出力光に対する透過率を改善した点と、該銀層の保護、安定化と透過率の更なる改善をするため、p電極の上にTiO₂層52を蒸着した点にある。

【0034】ボンディング用の電極金属層51aはボンディング用の電極金属層21aと実質的におなじものである。2枚のTiO₂膜により透明銀電極をサンドウィッチし透過率を改善する技術は周知であるが(「薄膜ハンドブック」、496頁、オーム社、東京(1983)参照)、銀層上にTiO₂層52を蒸着した本第2の実施例の構成でも出力光に対する透過率を改善できることが判明した。金属層は厚さが20nm以下で透明となるが、透明導電膜としての膜厚は3~15nmの範囲に限定されるといわれ、また波長が500nm以下では銀の吸収が金より少ないといわれている(「薄膜ハンドブック」、495頁、オーム社、東京(1983)参照)。本第2の実施例ではLEDの効率を改善し信頼性を確保する観点から該膜厚を10nmとした。

【0035】なお、p電極の第1層として蒸着された銀層上にTiO₂を蒸着することの効果測定してLEDの設計に役立てるため次の実験をおこなった。まず光学部品の透明基板として一般に用いられている光学ガラスであるBK7基板(「理科年表」、518~519頁、丸善、東京(1992))上に銀を蒸着した。BK7基板温度を室温に

し、蒸着速度0.03nm/秒で厚さ10nmのAg層を蒸着した試料1と、さらにその上に厚さ25nmのTiO₂層を蒸着した試料2を作成した。

【0036】図6は、このようにして作成された試料1、2の透過率の測定結果を示している。測定光の波長が450nmでの透過率は、試料1がカーブ61から透過率49%なのに対して試料2ではカーブ62から透過率66%まで増加している。上記試料2ではTiO₂膜の膜厚として25nmを選んだが、これは波長が450nmでのAg層とTiO₂膜の合成多層膜の透過率を最大にする厚さであるためである。従来良く使用されるニッケル1nmと金8nmの2層膜の透過率は47%であった。波長が450nmより短い領域ではさらにAg層とTiO₂膜の合成多層膜が有利となることが分った。(なおAg層の層厚が7nmではAg層と合成多層膜の透過率はそれぞれ52%、71%であった。)

【0037】本発明の発明者等は、他の金属薄膜層に比べAg層の吸収が少なく反射率に透過率が依存していることを突き止め(図8も参照)、所望波長での透過率を最大にするためには該波長λに比例してTiO₂膜の膜厚を変えればよいことも見出した。ひとつの方法として膜厚を $25 \times \lambda / 450$ (nm) とする方法がある。本発明の第2の実施例ではTiO₂膜の膜厚を25nmとし波長が450nmでのAg層の透過率を最大にしている。TiO₂膜は透過率を高める光学整合層として機能しその所要膜厚はAg層の膜厚に依らず膜厚制御が容易な点は有利である。勿論、ボンディング用の金属電極51a下部を除く部分のみを銀層としても出力光を増す効果が得られることは明白である。あるいはボンディング用の金属電極51aの下部近傍を含む銀層51の厚さを増加させて金属電極51aと銀層の接続を容易にしてもよい。

【0038】図7は本発明の第2の実施例のGaN系LEDを製造するために図3の工程図に工程381と工程382とを追加すべきことを示している。工程38においてn電極7を形成し、引き続きアニール2を実施した後、TiO₂を蒸着しパターンニングしてTiO₂層52を形成し(工程381)、該TiO₂層52にボンディング用の金属電極51a上部の穴をパターンニングして形成したのち第3回目のアニール(アニール3)をおこなった(工程382)。その後形成したLEDチップをパッケージ8のダイ・パッド8aに取り付け、ボンディングワイヤを配線して樹脂封じなどの処理をおこなってLED製品を完成させた(工程39)。

【0039】TiO₂層52を用いる場合、銀層51の蒸着時の条件が緩和され、サファイア基板2の温度が同一でも銀の蒸着速度を高くできる。すなわちTiO₂層52は光学整合層として機能するだけでなく、銀層51の機械的、電気的特性とを向上するための誘電体安定化層としても機能している点が好ましい。代替誘電体透明薄膜として、SiO₂、Al₂O₃なども効果があるがTiO₂層52が最も効果的であった。また、第1の実施例におけると同様

に、アニールはアニール1、2をおこなってもよいし、アニール2のみ、あるいはアニール3のみとしてもよい。

【0040】第2の実施例のLEDチップはその電圧電流特性が図15のカーブ151とほとんど同じであり、良好な特性が得られた。またその光出力は透明電極の透過率に略比例したので銀層51が10nmでTiO₂層52が25nmのとき、ニッケル層の場合、ニッケル1nmと金8nmの2層膜で図2の銀層51とTiO₂層52とを置換した従来技術によるLED(LED-P)に比べ少なくとも1.4倍以上の効率(光強度/入力電力)を得ることができた。

【0041】一方発明者等は上記銀層が良好な反射膜として機能するp電極を構成できることを見出し本発明の第3の実施例を構成した。銀の光吸収が少ない点はここでも有利である。まず図8を参照して銀が反射率の高いp電極を実現する金属として優れている点について説明する。

【0042】図8にはガラスに蒸着した膜厚100nmの各種金属層の反射率の波長依存特性がプロットされている。図8において、それぞれ、カーブ80は銀層、カーブ81はパラジウム層、カーブ82は白金層、カーブ83はニッケル層、カーブ84は金層、カーブ85はアルミニウム層、カーブ86はクロム層、カーブ87はチタン層の各反射率を表している。GaN系LEDの出力光である青から緑付近の波長において90%以上の反射率が得られる薄膜材料は、銀もしくはアルミニウムであることが分った。

【0043】また、p電極としてオーミック接合を形成できる金属は、銀、パラジウム、白金、ニッケルが知られている。銀以外のこれら金属の薄膜の反射率は、青から緑付近の波長においていずれも65%以下であり、これらの金属をp電極として使用しても、従来の反射p電極に比較して明らかな優位性を示すことはできない。一方、金、アルミニウム、クロム、チタンなどはp電極としてオーミック接合が形成できないことが分かっている。したがって、より高い反射率が得られ、p電極として良好に機能する金属薄膜としては銀が最も適していることがわかった。

【0044】銀薄膜について、波長470nmの光に対する反射率を膜厚を変えてプロットすると図9のとおりである。膜厚の増加に伴って反射率も大きくなるが、膜厚が50nm付近で飽和する。従来のp電極に対して顕著な優位性を得るためには少なくとも20nm以上の膜厚が必要であることがわかる。また、銀の量を50nm以上とすれば少ない銀で十分な効果が得られる。100nm以上は反射率を得るためには光学的には殆ど意味がない。しかし、銀に他の金属が拡散して銀そのものの反射率が得られない恐れのある場合は銀の厚さを拡散する金属と量に応じてさらに増加させるのがよい。

【0045】以上の知見と銀層がp型窒化物半導体上に

透明電極として安定に形成できる本発明の技術に基づき本発明の発明者等は、LED素子（チップ）をパッケージにフリップ・ボンディングしてLEDを構成する考えに至った。

【0046】図10には本発明の第3、第4の実施例のLEDチップ100A（図10の（A））とLEDチップ100B（図10の（B））の断面が示されている。これら、第3、第4の実施例ではサファイア基板2が活性層4から発生する光に対し高い透過率をもつので出力光はサファイア基板2から外に放射される。サファイア基板2とは別の透明基板を用いてもよい。図10において図2のLED20におけると同様の機能、性能を発揮する部分には図2におけると同じ参照番号が付されている。パッケージ8を除きLEDチップ100の組立はLED20を組立てる場合と同様であるが、蒸着される銀層101の膜厚が銀層51の膜厚に比較し厚くなっている。

【0047】第3の実施例のLEDチップ100Aはp電極が銀層101（厚さ100nm）と層103Aのみを有し、それら薄膜間に拡散阻止層102を有しないLEDチップ20である。層103Aが銀層101の安定化層であり銀層101の反射率を低下させない金属や誘電体で銀層の全体あるいは一部を覆うように構成される。まずLEDチップ100Aが誘電体からなる層103Aを用いる場合はその一部に穴を設け銀層へ接続される回路接続用金属層が必要である。銀層の厚さが20nm以上で反射層として形成する工程（図3の工程36）を除けば製造工程は第2の実施例におけると同様に工程31から工程38、工程381～工程382を経てLEDチップ100Aが形成される。

【0048】さらにLEDチップ100Aは工程382からは後述の図12に記載の工程391に移行して銀層上の回路接続用金属層とn電極7上にボールボンディング法によって金バンプ等のボンディング電極116を形成しLEDチップ100Aが実装できる状態となる（図11の（A））。次にLEDチップのフリップチップ・ボンディングをおこなう。まず、LEDチップ100Aをウェーハ上に多数形成した場合は該ウェーハ裏面をラッピングし該ウェーハをスクライビングによって1つ1つのLEDチップ100Aに分割した（工程392）。また、図11の（B）に示すようにパッケージ118のダイ・パッド上のリード線118a上に、インジウム系の低融点金属から成るバンプ118bを形成した（工程393）。最後にLEDチップ100Aとパッケージ118とを位置合わせして、加熱・加圧してボンディング電極116とバンプ118bとを接合し図11の（C）に示すLED110が得られた（工程394）。チップ保護等のために必要に応じてLED110を樹脂封止してもよい。なお上記LEDチップ100AとLED製品の製造工程でのアニールについては第2の実施例におけると同じである。金属層103Aを用いる場合は後述の第4の実施例のLEDチップの

製造工程において第2層102を欠く場合と同じなので、ここでは述べない。また、層103Aが金属であれば誘電体であれば銀層に対する安定化層として機能する点は共通である。

【0049】本発明の第4の実施例のLEDチップ100Bも図3の工程35までを経過したLED部材にさらに図12に記載の工程を加えることで形成される。工程36Aにおいて銀層101銀層101を20nm以上、第4の実施例では100nm蒸着し、工程371においてニッケルの拡散阻止層102を厚さ300nmまで蒸着した。ただしLED部材のアニールはおこなわない。拡散阻止層102は、必須ではないが、銀層101の側面をも覆いp層5とともに該銀層101を封止するようにした。次に回路接続用金属、ここでは金を50nm厚まで蒸着した（工程372）。n電極7はn層3上にチタン層（厚さ10nm）を蒸着しさらにその上に回路接続用金属としてアルミニウム層（厚さ200nm）を蒸着して形成した（工程38）。良好なオーミック接合を得るためのアニールは前記図3の工程でのアニール2と同様に、基板温度450℃、30分実施した（工程38）。

【0050】次に工程373は省略して前述の工程391に移行して金属層103とn電極7上にボールボンディング法によって金バンプ電極等のボンディング電極116を形成しLEDチップ100Bが実装できる状態となる（図11の（A））。次に上記第3の実施例でLEDチップ100Aについておこなったと同様に、工程392～工程394によりLEDチップ100Bをパッケージ118にフリップチップ・ボンディングする。チップ保護等のために必要に応じてLED110を樹脂封止してもよい。

【0051】本発明の第3の実施例において銀層101上に直接蒸着されるボンディング電極116として金属や金バンプ電極を採用すると金の拡散により銀層110側の反射率が劣化してしまうことがある。本発明の第4の実施例はp電極を3層構造として上記不都合を解消したものである。

【0052】すなわちp電極の3層構造は第1層101が半導体とのオーミックな接続が得られ、かつ、反射率の高い材料、第2層102は後工程での第1層への金属拡散を抑制し第1層の反射率の減少を抑ええる材料、そして、第3層103はボンディングやバンプ形成を可能にする材料が選択されるのが好ましい場合が多い。以下に、それら条件を満たすように各層の材料選択をおこなった場合について図13を用いて説明する。

【0053】図13はp電極の第2層の必要性を説明するためp電極の反射率を測定光の波長にたいしてプロットした図である。オーミック接合を得るための前述のアニールによりp電極の光に対する反射率の変化がわかる。カーブ131はp電極として銀層101を蒸着した直後のサファイア基板2側からみた反射率、カーブ132は拡散阻止層102として第2層のニッケル層を第1

層である銀と第3層である金層103の間に設置した三層構造でのアニール後の反射率、カーブ133は第2層を設置しない銀層101と金層103の二層構造でのアニール後の反射率である。

【0054】上記2層構造では、アニールによって金が、銀層101側に拡散し、顕微鏡による目視観察でも顕著な色の変化があり、結果として反射率が減少している。一方、第2層としてニッケルを設置した場合（カーブ132）については、アニール後も反射率の減少は5%程度であり、顕微鏡による目視観察でも顕著な色の変化は認められなかった。第2層102のニッケルが拡散防止層として機能し、第3層103の金が第1層101である銀層への拡散を阻止している。第4の実施例では金拡散を重視しボンディング性をやや犠牲にした金厚みの選定をおこなっている。

【0055】次に図14、図15を用いて本発明の第4の実施例についてさらに説明する。図14は、本発明の第4の実施例によるLEDの出力光の発光強度141と従来のLEDの出力光の発光強度142の入力電流に対する変化を任意単位（au）で比較プロットしたものである。この従来のLED（前記LED-P）のLEDチップは図1のLEDチップ10と同じで、第4の実施例のチップと電極構成が異なるがそれ以外の構成は等価であり、同一チップ面積、同一p層面積とを有する。p層面積の約15%がボンディング用の金属p電極であり、フリップチップ方式実装によりこの程度の出力光の増加は予測される。図15は、本発明の第4の実施例によるLEDの駆動電圧151と従来のLEDの駆動電圧152の入力電流に対する変化を比較プロットしたものである。

【0056】図14、図15から明かなように、本発明の第4の実施例のLEDは従来のLEDに比較して約2倍明るく、駆動電圧は同等か少し低いことがわかる。前記第3層103を金属からアルミニウム層としても同様の効果を得ることができる。また、銀層101の上に第2層102等を設けたので銀層の安定度が増し、それがない場合に比較し銀層101の蒸着形成時に基板温度をより低温とし蒸着速度をより高速にできる点は有利である。すなわち第2層101は拡散阻止層として機能するだけでなく、銀層101の機械的、電気的特性を向上するための金属安定化層としても機能している点が好ましい。

【0057】また、第2層102や第3層103はそれぞれ自体多層薄膜であってもよいし、それら多層膜の構成がそれらの面積的広がりにより均一である必要もない。第2層102を安定化層としてのみ機能させ安定化層として用いる場合は第2層が銀層100に拡散しないことが特にともめられる。第2層102を拡散阻止層として機能させるばあいは第2層が銀層100に拡散しないとともに第3層の銀層への拡散を阻止する能力が高い必要がある。第3の実施例において第2層102を欠くばあいに第3層103は回路接続に適するとともに銀層100

に拡散しないことが特にともめられる。

【0058】第1層である銀層101への第2層102や第3層103の金属の拡散は高温アニールを行っているとときに著しいので、第4の実施例において次のような工程変更をおこなって、第5の実施例を得た。

（1）工程372を省略し第4の実施例では省略した工程373に置いて回路接続用金属電極の蒸着をおこなう。この場合工程372でおこなったよりも第3層を厚く蒸着してボンディング性を改善できよう。このようにすると第3層103の拡散は極めて少なくなり、銀層101の反射率の低下が少なくなりLEDの光量すなわち発光強度を更に多くすることができる。ただし、第2層102の表面が工程38のアニール2の中で酸化するなどの第3層との密着性を損なう変化を生じないように注意しなければならない。そのような変化が生じたばあいは、変化した表面の除去プロセスを追加してもよい。

（2）また、上記表面の変化による密着性の悪化を軽減するため、工程371と工程373とを実施し、工程372では第3層103を第4の実施例での工程371におけるより薄く蒸着し、工程373では追加の第3層蒸着をおこなうようにしてもよい。

【0059】上記第3～第5の実施例では工程371におけるアニール11を行っていないが工程管理等の目的で該アニール11をおこなって工程371までの工程を経たLED部材の種々の測定をおこなってもよい。上記第3～第5の実施例ではフリップチップ構造をとるため、従来の方法では、出力された光が反射、吸収する原因となっていた透明電極、ボンディング用電極、ボンディングワイヤなどが出力光射出方向には存在せず多くの光をLEDチップから外に取り出せる。また、p電極の銀層101の反射率が高いためさらに光の取り出し効率を高められると同時に、LEDチップの薄膜構造が簡略化し、ダイパッドの反射率を高めるための手段も必要もないためLED製品の構造を簡略化でき、コストを削減できる。

【0060】さらに、前記第2の実施例のLEDチップにおいて銀層51の厚さを20nmより厚くし、該LEDチップをフリップチップ・ボンディングして前記第3、第4の実施例のLEDと同様なLED製品が本発明の第6の実施例のLEDとして得られる。また、フリップチップ・ボンディングをするためのボンディング電極とインジウム系の低融点金属から成るパンプとはLEDチップとパッケージ間で互いに交換することもできるし、適宜の別の金属とすることもできる。

【0061】以上本発明の実施例について説明したが、本発明は実施例に限定されるものではなく、種々の変形や追加をおこなってより多くの電子装置に応用できるものである。以下に本発明の実施態様のいくつかを列挙して本発明の多様な実施への参考に供したい。

【0062】（実施態様1）：基板と該基板上のn型窒化物半導体層と、n型窒化物半導体層上の窒化物半導体

からなる活性層と、活性層上のp型窒化物半導体層と、p型窒化物半導体層上の前記活性層が発生する光を反射させるための厚さ20nm超過の銀層と、を備えたLED部材。

【0063】（実施態様2）：前記銀層の表面に該銀層の表面の一部分に安定化のため誘電体を設けて成る実施態様1に記載のLED部材。

（実施態様3）：前記銀層上に銀に容易には拡散せず少なくとも一つの他の金属の銀への拡散を阻止できる金属層を設けて成る実施態様1あるいは実施態様2に記載のLED部材。

（実施態様4）：前記金属層は前記銀層に接触する部分がニッケル、パラジウム、プラチナのいずれかであることを特徴とする実施態様3に記載のLED部材。

【0064】（実施態様5）：前記n型窒化物半導体層上と前記金属層あるいは前記銀層上に回路接続用金属手段を設けて成る実施態様2～実施態様4のいずれかに記載のLED部材。

（実施態様6）：前記回路接続用金属手段の前記金属層から遠位の表面が金あるいはアルミニウムの部分を有することを特徴とする実施態様5に記載のLED部材。

（実施態様7）：前記金あるいはアルミニウムの部分が前記金属層より薄い薄膜層であることを特徴とする実施態様6に記載のLED部材。

【0065】（実施態様8）：前記回路接続用金属手段上にボンディング電極を設けたことを特徴とする実施態様6あるいは実施態様7のいずれかに記載のLED部材。

（実施態様9）：前記ボンディング電極が金バンプであることを特徴とする実施態様8に記載のLED部材。

（実施態様10）：前記銀層実施態様3～実施態様9のいずれかに記載のLED部材を複数個集積したウェーハ。

【0066】（実施態様11）：実施態様8あるいは実施態様9に記載のLED部材をパッケージにフリップチップ・ボンディングして形成したLED製品。

（実施態様12）：前記ボンディング電極が金バンプで前記パッケージのリード線上のインジウム系低融点金属から成るバンプバンプと接続していることを特徴とする実施態様11に記載のLED製品。

【0067】（実施態様13）：LED部材を形成するための方法であって、基板を用意する工程と、基板上にn型窒化物半導体層を成長させる工程と、n型窒化物半導体層上に窒化物半導体からなる活性層を成長させる工程と、活性層上にp型窒化物半導体層を成長させる工程と、前記基板を加熱して前記p型窒化物半導体層の活性化をおこなう工程と、該p型窒化物半導体層上に20nm以上の所定の厚さの銀層を設ける工程と、前記銀層に安定化層を蒸着する工程と、を含むLED部材の製造方法。

【0068】（実施態様14）：前記安定化層が誘電体であることを特徴とする成る実施態様13に記載のLED部材の製造方法。

（実施態様15）：前記安定化層が銀に容易には拡散せず少なくとも一つの他の金属の銀への拡散を阻止できる金属層である実施態様13に記載のLED部材の製造方法。

（実施態様16）：前記金属層は前記銀層に接触する部分がニッケル、パラジウム、プラチナのいずれかであることを特徴とする実施態様15に記載のLED部材の製造方法。

【0069】（実施態様17）：前記n型窒化物半導体層上と前記金属層あるいは前記銀層上に回路接続用金属手段を設ける工程を追加して成る実施態様15あるいは実施態様16のいずれかに記載のLED部材の製造方法。

（実施態様18）：前記回路接続用金属手段の前記金属層から遠位の表面が金あるいはアルミニウムの部分を有することを特徴とする実施態様17に記載のLED部材の製造方法。

（実施態様19）：前記回路接続用金属手段が前記金属層のより薄い金あるいはアルミニウムの薄膜層であることを特徴とする実施態様18に記載のLED部材の製造方法。

【0070】（実施態様20）：前記回路接続用金属手段にボンディング電極を設ける工程を追加したことを特徴とする実施態様17～実施態様19に記載のLED部材の製造方法。

（実施態様21）：前記銀層実施態様3～実施態様9のいずれかに記載のLED部材をウェーハに複数個集積し該ウェーハをラッピングしてからダイシングしてLEDチップを分離する工程を含むLED製品の製造方法。

（実施態様22）：前記分離されたLEDチップをフリップチップ・ボンディングする工程を追加して成る実施態様21に記載のLED製品の製造方法。

【0071】（実施態様23）：前記n型窒化物半導体層上に第1の回路接続用金属手段を設けて第1のLED部材を形成する工程と窒素雰囲気中で該第1のLED部材を200℃以上でアニールする工程とを追加して成る実施態様15～実施態様16のいずれかに記載のLED部材の製造方法。

（実施態様24）：前記金属層に第2の回路接続用金属手段を設ける工程と前記第1、第2の回路接続用金属手段にボンディング電極を設ける工程を追加したことを特徴とする実施態様23に記載のLED部材の製造方法。

【0072】（実施態様25）：前記金属層に第3の回路接続用金属手段を設けかつ前記n型窒化物半導体層上に第1の回路接続用金属手段を設けて第2のLED部材を形成する工程と窒素雰囲気中で該第2のLED部材を200℃以上でアニールする工程とを追加して成る実施態様15～実施態様16のいずれかに記載のLED部材の製造方法。

（実施態様26）：前記第3の回路接続用金属手段上にボンディング電極を設ける工程を追加して成る実施態様

24に記載のLED部材の製造方法。

【0073】（実施態様27）：p型窒化物半導体層を備える電子装置であって該p型窒化物半導体層に蒸着した厚さ20nm超過の銀層を備え、該銀層が電極として機能するとともに短波長光の反射層として機能することを特徴とする半導体光電子装置。

（実施態様28）：前記銀層が安定化層を有することを特徴とする実施態様27に記載の半導体光電子装置。

（実施態様29）：前記安定化層が前記銀層に接し銀に容易には拡散しない金属層と該金属層に接するボンディング性のすぐれた金属層とを順次前記銀層に蒸着して蒸着光学整合層として機能することを特徴とする実施態様28に記載の半導体光電子装置。

【0074】

【発明の効果】本発明を実施することによって、従来のものに比較して明るいダイオードが得られる。また下記の効果が得られる。

- 1) 動作電圧の低く、連続動作に対して安定に動作するLEDを効率的に実現できる。
- 2) LEDにおいて低い動作電圧を維持したまま、光の取り出し効率を増加できる。られる。
- 3) 反射p電極として銀層を用いるのでLEDの構造が簡単化され、製造プロセスが簡略化され、信頼性の向上とコストの低減ができる。
- 4) また、これらによって、例えば、従来2つのLEDが用いられていたような発光装置において、1つのLEDで同等の性能を得ることができ、LEDの個数削減ができるなどため、発光装置の小型化、低コスト化が実現可能となる。
- 5) また、受光装置等のp型窒化物半導体層を備える光電子装置であれば本発明の銀層を備え、該銀層が電極として機能するとともに光の、限定的ではないが特に短波長光の、透過層あるいは反射層として良好に機能する半導体光電子装置で広く応用できるので有益である。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術によるGa系半導体に基づいて構成したGa系LEDの断面図である

【図2】p電極を構成する第1層金属として銀(Ag)層21を蒸着した本発明の第1の実施例のGa系LED20の断面図である。

【図3】LED20の組立プロセスを説明するための工程図である。

【図4】アニールの効果を確認するための実験結果を示すグラフである。

【図5】本発明の第2の実施例のLED50の部分断面図である。

【図6】試料1、2の透過率の測定結果を示す測定光の波長が450nmでの透過率のグラフである。

【図7】本発明の第2の実施例のGa系LEDを製造するた

めに図3の工程図に工程381と工程382とを追加すべきことを示す部分肯定図である。

【図8】にはガラスに蒸着した膜厚100nmの各種金属層の反射率の波長依存特性をプロットしたグラフである。

【図9】銀層について、波長470nmの光に対する反射率を膜厚を変えてプロットしたグラフである。

【図10】本発明の第4の実施例のLEDチップ100の断面図である。

【図11】LEDチップ100をパッケージにボンディングする手順を説明するための図である。

【図12】本発明の第4の実施例のLEDチップ100Bの製造とその実装をおこなう工程を示す工程図である。

【図13】p電極の第2層の必要性を説明するためp電極の反射率を測定光の波長にたいしてプロットしたグラフである。

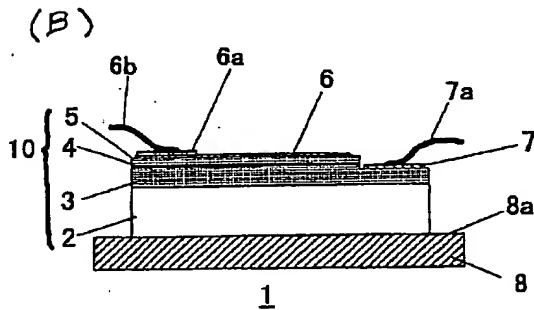
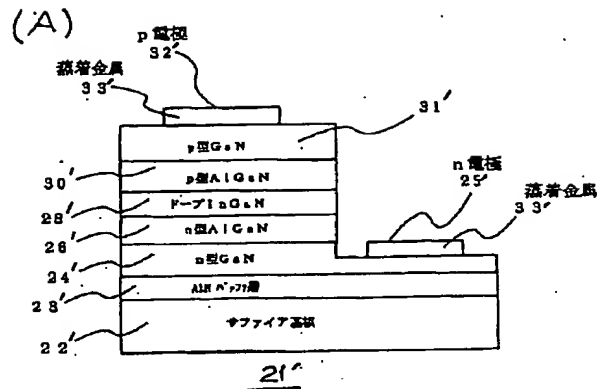
【図14】本発明の第4の実施例によるLEDの発光強度141と従来のLEDの発光強度142の入力電流に対する変化を任意単位(au)で比較プロットしたグラフである。

【図15】本発明の第4の実施例によるLEDの駆動電圧151と従来のLEDの駆動電圧152の入力電流に対する変化を比較プロットしたグラフである。

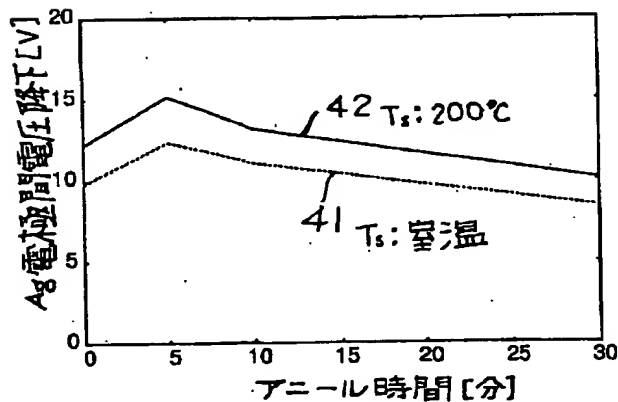
【符号の説明】

- 1 Ga系LED
- 2 サファイア基板
- 3 n層
- 4 活性層4、
- 5 p層5、
- 6 透明p電極6
- 6a ボンディング用p電極
- 7 n電極
- 8 パッケージ
- 8a ダイ・パッド
- 10 従来技術のGa系LEDチップ
- 20 本発明の第1の実施例のGa系LED
- 21 銀(Ag)層
- 21a ボンディング用の電極金属層
- 100A、100B LEDチップ
- 101 銀層(第1層)
- 102 拡散阻止層(第2層)
- 103 回路接続用金属層(第3層)
- 103A 回路接続用金属層
- 110 LED
- 116 ボンディング電極
- 118 パッケージ
- 118a リード線
- 118b 低融点金属から成るパンプ

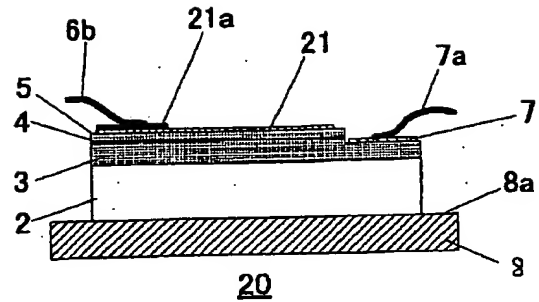
【図1】



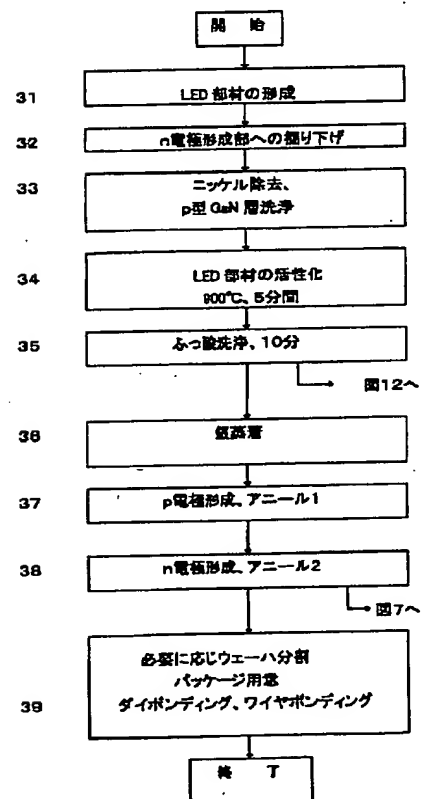
【図4】



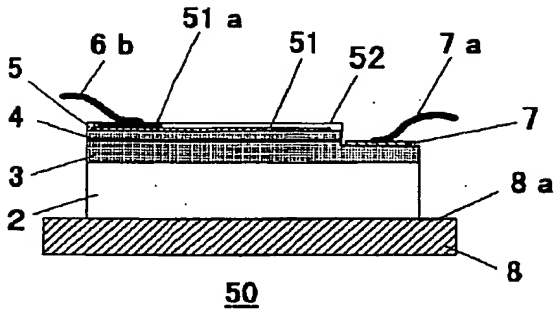
【図2】



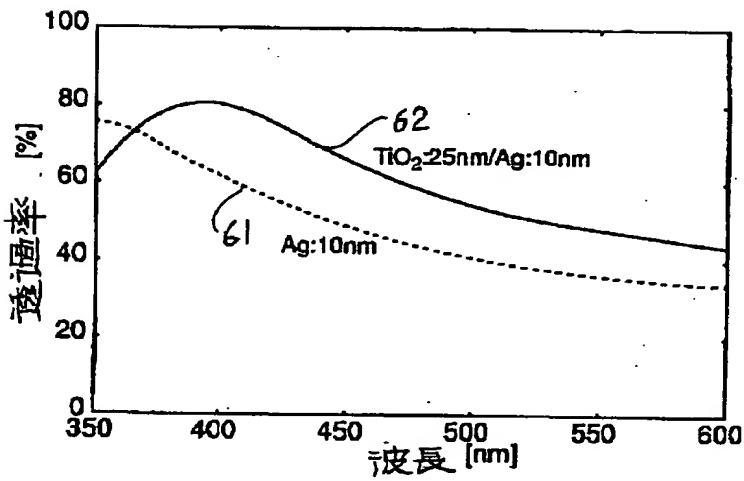
【図3】



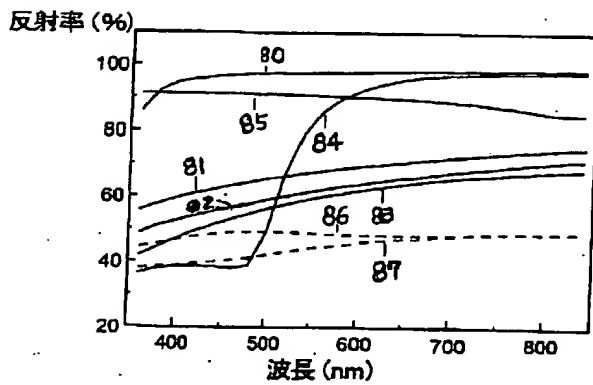
【図5】



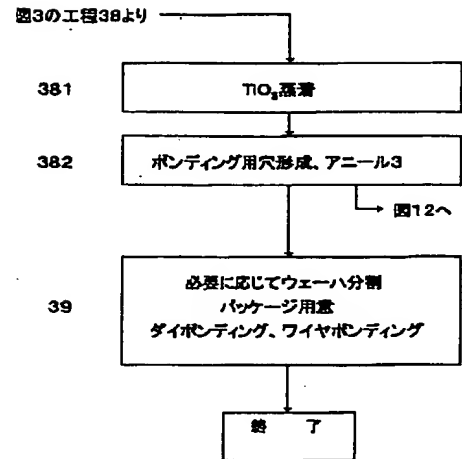
【図6】



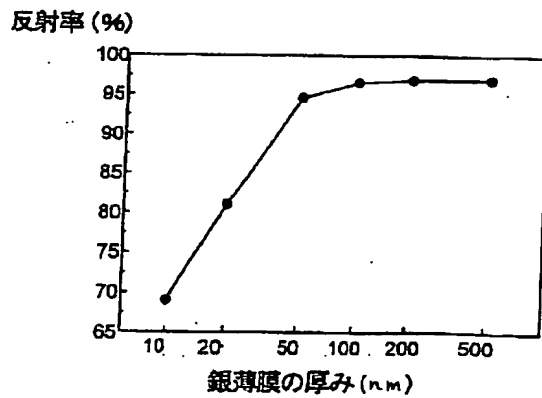
【図8】



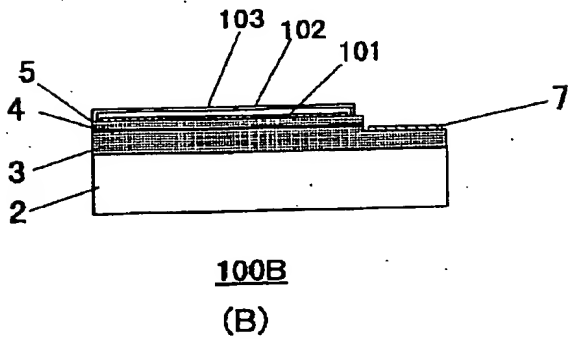
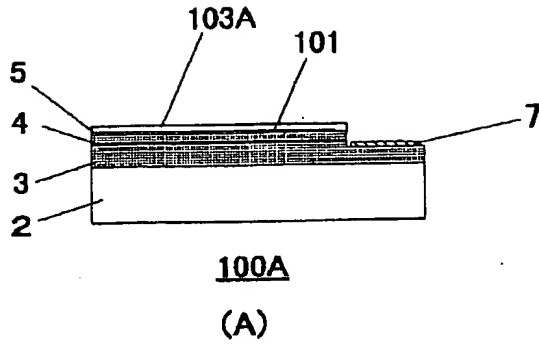
【図7】



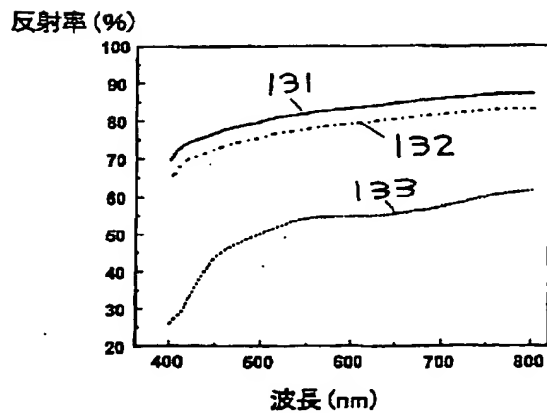
【図9】



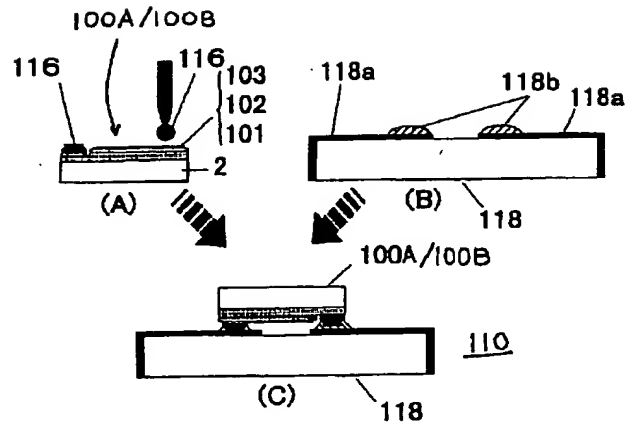
【図10】



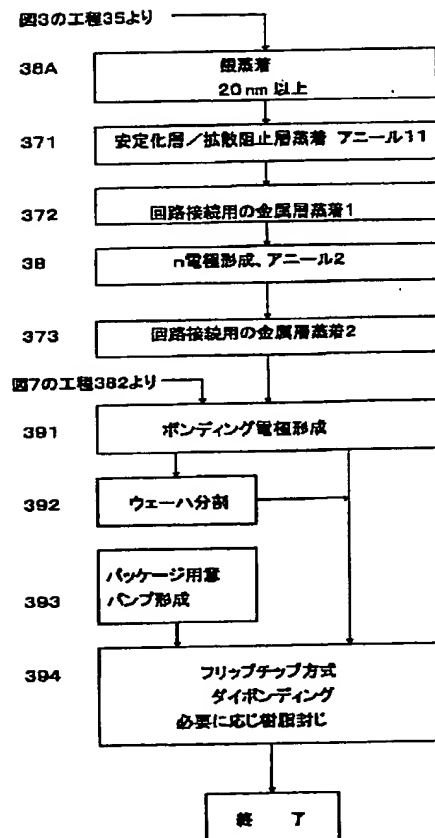
【図13】



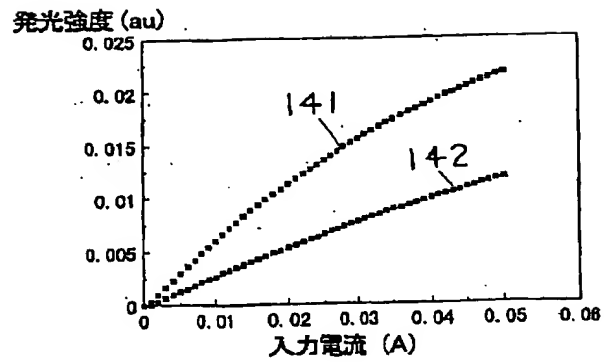
【図11】



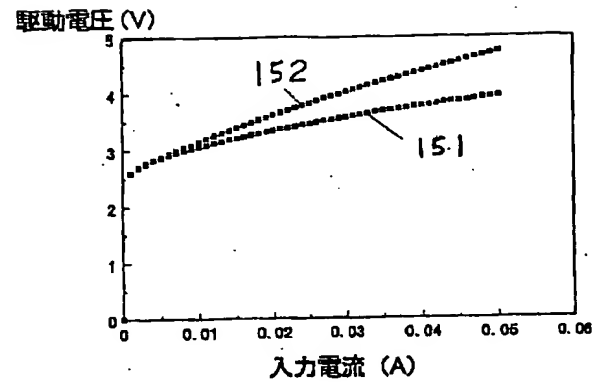
【図12】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(72) 発明者 渡辺 智
 神奈川県川崎市高津区坂戸 3 丁目 2 番 2 号
 ヒューレット・パッカードラボラトリー
 ズジャパンインク内

(72) 発明者 金子 和
 神奈川県川崎市高津区坂戸 3 丁目 2 番 2 号
 ヒューレット・パッカードラボラトリー
 ズジャパンインク内